

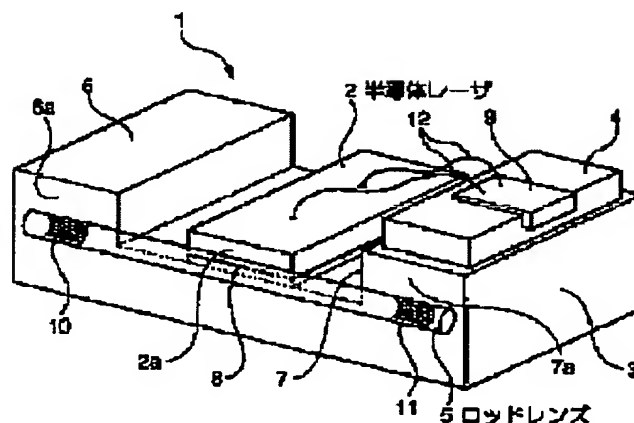
SEMICONDUCTOR LASER UNIT, SEMICONDUCTOR LASER MODULE AND SOLID-STATE LASER DEVICE

Patent number: JP2000098190
Publication date: 2000-04-07
Inventor: IGARASHI KOICHI; SHIMOMURA KATSUHIKO; MURO KIYOBUMI
Applicant: MITSUI CHEMICALS INC
Classification:
- international: G02B6/42; H01S3/094
- european:
Application number: JP19980271319 19980925
Priority number(s):

Abstract of JP2000098190

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser unit which is excellent in the stability of an oscillation wavelength and the stability of an oscillation transverse mode, a semiconductor laser module which has an optical fiber having the excellent stability of coupling efficiency and a semiconductor laser excitation solid-state laser device having excellent output stability by lessening the change in the position of a rod lens which is the cause for the problem of the asymmetry with the center line in the shape of a laser beam by a change in the shape, is the cause for the problem of the offset of the laser beam from its proper optical axis and is the cause for a wavelength fluctuation.

SOLUTION: The semiconductor laser unit 1 consists of a semiconductor laser 2, a block body 3 and a rod lens 5. This rod lens 5 is disposed in proximity to a light emitting part 8 of the semiconductor laser and both ends thereof are fixed to parts of the front end faces 6a and 7a of two projecting parts 6 and 7 disposed in the position across the semiconductor laser 2 of the block body 3. The front end face 6a and front end 7a of the two projecting parts exist on the same plane.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-98190

(P2000-98190A)

(43) 公開日 平成12年4月7日(2000.4.7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
G 0 2 B 6/42		G 0 2 B 6/42	2 H 0 3 7
H 0 1 S 3/094		H 0 1 S 3/094	S 5 F 0 7 2

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-271319

(22) 出願日 平成10年9月25日(1998.9.25)

(71) 出願人 000005887

三井化学株式会社

東京都千代田区霞が関三丁目2番5号

(72) 発明者 五十嵐 康一

千葉県袖ヶ浦市長浦字拓二号580番32 三

井化学株式会社内

(72) 発明者 下村 克彦

千葉県袖ヶ浦市長浦字拓二号580番32 三

井化学株式会社内

(72) 発明者 室 清文

千葉県袖ヶ浦市長浦字拓二号580番32 三

井化学株式会社内

最終頁に続く

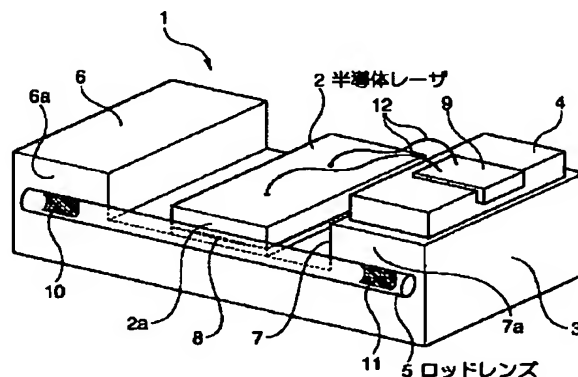
(54) 【発明の名称】 半導体レーザーユニット、半導体レーザーモジュールおよび
固体レーザー装置

半導体レーザー励起

(57) 【要約】

【目的】本発明の目的は、レーザービームの形状が変化して左右非対称になる問題や、レーザー光があるべき光軸からずれる問題の原因であり、また波長変動の原因でもあるロッドレンズの位置の変化を低減することにより、発振波長の安定性および発振横モードの安定性に優れた半導体レーザーユニット、カップリング効率の安定性に優れた光ファイバーを備えた半導体レーザーモジュール、および出力安定性に優れた半導体レーザー励起固体レーザー装置を提供することにある。

【構成】半導体レーザーユニット1は、半導体レーザー2、ブロック体3、およびロッドレンズ5からなっている。ロッドレンズ5は半導体レーザーの発光部8に近接して設けられ、その両端部はブロック体3の半導体レーザー2を挟む位置に設けられた2つの凸部6と7の前端面6aと7aの一部に固定されている。この2つの凸部の前端面6aと前端部7aは、同一平面にある。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザと、半導体レーザを載置したブロック体と、前記半導体レーザのレーザ光の出射面に近接して配置されたロッドレンズとを有する半導体レーザユニットにおいて、前記ロッドレンズの2箇所が、前記半導体レーザの両側に位置する前記ブロック体の2つの凸部の端面のそれぞれの一部に固着され、かつ前記2つの凸部の端面が同一平面上にあることを特徴とする半導体レーザユニット。

【請求項2】 前記ブロック体の半導体レーザを載置する面と、前記ブロック体の2つの前記凸部とが、一体のヒートシンクで形成されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザユニット。

【請求項3】 前記半導体レーザユニットにおいて、前記ロッドレンズ固定部と、前記ロッドレンズとの間が、金属ハンダによって固定されていることを特徴とする請求項1または2のいずれかに記載の半導体レーザユニット。

【請求項4】 前記半導体レーザユニットにおいて、前記ロッドレンズが屈折率分布構造を有していることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の半導体レーザユニット。

【請求項5】 前記半導体レーザユニットにおいて、前記半導体レーザの横モードがマルチモードであることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の半導体レーザユニット。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかに記載の半導体レーザユニットに、さらに、前記ロッドレンズを透過したレーザ光を端面で受ける光ファイバーを備えたことを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項7】 請求項1～5のいずれかに記載の半導体レーザユニットに、前記ロッドレンズを透過したレーザ光により励起される固体レーザ媒質をさらに備えたことを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、加工、分析、計測、医療、ディスプレイ、または光記録などの分野で、光源として使用される小型のレーザ光源に関し、半導体レーザ光を効率よく取り出すことのできる半導体レーザユニット、半導体レーザユニットからのレーザ光を光ファイバーを通じて出射する半導体レーザモジュール、および前記半導体レーザユニットを励起光源として用いる固体レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 図4は、従来の半導体レーザユニットの概略構成図である。半導体レーザユニットは、半導体レーザ21、ヒートシンク22、絶縁板23、絶縁板の上面23bに設けられた外部との通電部24、およびロッドレンズ25とからなっている。ロッドレンズ25は、

2

接着部28と29において接着剤によってヒートシンク22および絶縁板23に接着されている。半導体レーザのヒートシンクへの載置方法は、半導体レーザ21のエピタキシャル成長面上に設けられた電極部（図示せず）と、ヒートシンクの半導体レーザの載置面とを接触させたいわゆるジャンクションダウンである。ヒートシンクは熱伝導性のよい金属からできており、半導体レーザから発生した熱の放熱と、片側の導通をになっている。半導体レーザのもう一方側の導通は、半導体レーザの基板側にリード線30を接続し、このリード線は絶縁板23上に設けた外部との通電部24に接続することで図られている。

【0003】ところで、半導体レーザを載置するヒートシンク22と絶縁板23等からなるブロックにおいて、絶縁板23はセラミクスからなるが、セラミクスを金属であるヒートシンクに固着する際に加熱するため、セラミクスの破損が起こりやすい。このような点や加工性や取り扱いの点で、セラミクスからなる絶縁板は5mm厚程度のある程度厚い板が用いられる。そしてこのブロックは、半導体レーザの多種にわたる用途に対して汎用的な形にするのがコスト的に有利なので、光通信用にあわせて絶縁板の上面23bと半導体レーザの基板上面がほぼ同じ高さになるように設計されている。以上の2つの点からヒートシンクの形は、半導体レーザを挟んで片側はロッドレンズを固定するために凸部が形成され、もう一方の側は厚めの絶縁板を収めるために低い段差を設けているのが一般的である。そのためにロッドレンズを固定する際に、一方はヒートシンクの凸部22の端面22aに固着させるが、もう一方の側は絶縁板の端面23aに固着することになる。そして、さらにこのブロックの前端面の前にレンズや様々な光学系を近接して設けたりすることから、ブロックの前端面に張り出す部分を設けないようにする必要があり、余裕を見越して絶縁板の端面23aはヒートシンクの前端面22aより少し後ろにずらしている。

【0004】ところで半導体レーザ21からのレーザ光は一般に、活性層に垂直な縦方向と活性層に平行な横方向とで異なるビーム放射角を有している。例えば横方向においてはビームの放射角が全角で10°またはそれ以下であるのに対して、縦方向においてはビームの放射角は全角で35°にも達する。この結果、半導体レーザ21を出射したレーザ光は縦方向に急激に広がり、著しく縦長のビーム形状となる。

【0005】ここで、半導体レーザ21の直近にロッドレンズ25を配置することにより、半導体レーザ21の発光部26から出射したレーザ光を縦方向についてのみコリメートすることができる。この結果、前記の縦横の非対称性は補正され、半導体レーザユニットからは縦横共に低放射角のレーザ光が得られる。かかる縦横ともに低放射角のレーザ光は、直接対象物を照射する場合にお

3

いても、軸対称レンズで集光してから対象物を照射する場合においても、容易に高いエネルギー密度を実現できる。この様な取り扱い容易な光源を比較的簡単に、かつ小型の構造で実現できるため、この半導体レーザとロッドレンズを組み合わせた半導体レーザユニットは多くの分野での応用が期待されている。しかし、前述の従来の半導体レーザユニットには、使用しているうちに温湿度の変化や経時的な変化により、コリメートしたレーザ光のビーム形状が左右非対称になったり、あるべき光軸からずれてしまうという問題があった。また、従来の半導体レーザユニットには、そのレーザ光の波長が著しく不安定で、最大約 ± 5 nmもの範囲にわたって変動するという問題点があった。更に、従来の半導体レーザユニットに用いられる半導体レーザの横モードがマルチモードである場合には、波長のみならず横モードも著しく不安定となり、特に注入電流に対して激しく変化するという問題点もあった。

【0006】また、かかる従来の半導体レーザユニットからのレーザ光を光ファイバーを通じて供給する従来の半導体レーザモジュールにおいては、光ファイバーへの²⁰カップリング効率が大きく変動し、 $I-L$ （電流-光出力）特性に大きなキックが生じたり、カップリング効率が低下するという問題点があった。また、かかる半導体レーザユニットを励起光源として用いた従来の固体レーザ装置においては、発振波長の変動により励起効率が変化するため、固体レーザ装置の出力が不安定になり、著しくは発振停止に至るという問題点があった。

【0007】また、かかる半導体レーザユニットからのレーザ光を光ファイバーを通じて供給する半導体レーザモジュールを、例えばEDFA（Erbium Doped Fiber Amplifier）のような光通信のファイバーアンプに用いる際、波長の変動は信号に対するノイズとなる問題があった。発明者らは鋭意検討の結果、かかるレーザ光の波長の不安定性、および半導体レーザモジュールにおけるキックの発生やカップリング効率の低下は、前記ロッドレンズの位置の変化により生ずることを見出した。

【0008】以下、詳説する。半導体レーザの発振波長は一般に、ほとんどゲインだけで決まり、ゲインのピーク波長付近 2 nmの範囲で発振する。しかし、半導体レーザ外部の界面で反射したレーザ光が、戻り光として半導体レーザに帰還すると、半導体レーザ出射面と前記外部の界面とにより新たな共振器（以後、外部共振器という）が形成される。半導体レーザ共振器と外部共振器とは界面を共有するので複合共振器を構成する。半導体レーザの発振波長は、この複合共振器によって決定されることとなり、外部共振器の共振器長すなわち前記半導体レーザ外部の界面の位置の影響を強く受ける。前記従来の半導体レーザユニットの様にロッドレンズが半導体レーザの直近に配置されている場合、ロッドレンズのレーザ光の入射面や出射面が、前記外部の界面となる。従っ⁵⁰

4

てロッドレンズの位置が変化すると、半導体レーザの発振波長が変化することになる。

【0009】ロッドレンズが半導体レーザの直近に配置されている場合、戻り光が半導体レーザの発振波長に与える影響は、以下の二つの理由から特に大きなものになる。第一の理由は、ロッドレンズから半導体レーザに帰還する戻り光の量が増大することである。半導体レーザ光は、端面から出射した後、縦横二方向に広がるため、ロッドレンズで反射して端面に帰還するレーザ光の量は端面からロッドレンズまでの距離の二乗に反比例する。この結果、前記半導体レーザユニットの如くロッドレンズが半導体レーザの直近に配置されている場合、戻り光量が増大し、戻り光が半導体レーザの発振波長に与える影響は増大する。

【0010】第二の理由は、ロッドレンズと半導体レーザ出射側端面で構成される外部共振器のFSR（自由スペクトル間隔）が増大することである。外部共振器のFSRは、ロッドレンズと半導体レーザ出射側端面との距離の一乗に反比例するため、前記半導体レーザユニットの如くロッドレンズが半導体レーザの直近に配置されている場合FSRは、しばしば数nm～数十nmにまで増大する。この結果、半導体レーザの発振波長が、戻り光の影響によって変動しうる波長範囲が拡大する。この事の影響は、特に固体レーザ励起用に前記半導体レーザユニットを使う場合において顕著である。固体レーザに用いられるレーザ媒質の吸収波長幅は $1\sim 3$ nm程度であるので、半導体レーザの発振波長が数nm変動することにより励起光率は著しく低下し、出力の急減や発振停止がもたらされうる。

【0011】また半導体レーザの横モードがマルチモードである場合には、戻り光は半導体レーザの発振波長のみならず、発振横モードにも大きな影響を与える。横モードの次数が高次となるほど、そのビームの集光は困難となり、その集光スポット径は増大する。従って、半導体レーザユニットからのレーザ光を光ファイバーを通じて出射する半導体レーザモジュールにおいて、半導体レーザの発振横モードの次数が変動すると、光ファイバー端面における集光スポット径も変動する。この結果、光ファイバーへのカップリング効率が変動し、光ファイバーから出射される光出力が不安定化する原因となる。

【0012】半導体レーザへの注入電流が変化すると、半導体レーザ付近の温度が変動するため、ロッドレンズを接着している接着剤の熱膨張または収縮により、ロッドレンズの位置も変動する。この結果、半導体レーザの横モードも注入電流に対して変動する。上述のように横モードが変動すれば、光ファイバーへのカップリング効率が変動するので、 $I-L$ 特性にはキックが生ずることとなる。またロッドレンズの位置が変化すると、レーザ光のビーム系が左右非対称となったり、レーザ光があるべき光軸からずれるので、このことから光ファイバー

へのカップリング効率が低下する。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、レーザビームの形状が変化して左右非対称になる問題や、レーザ光があるべき光軸からずれる問題の原因であり、また波長変動の原因でもあるロッドレンズの位置の変化を低減することにより、発振波長の安定性および発振横モードの安定性に優れた半導体レーザユニットを提供することにある。

【0014】また、本発明の目的は、かかる半導体レーザユニットを用いることにより、カップリング効率の安定性に優れたI-L特性にキックの生じない半導体レーザモジュールを提供することにある。さらに、本発明の目的は、かかる半導体レーザユニットを用いることにより、出力安定性に優れた半導体レーザ励起固体レーザ装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、半導体レーザと、半導体レーザを載置したブロック体と、前記半導体レーザのレーザ光の出射面に近接して配置されたロッド²⁰レンズとを有する半導体レーザユニットにおいて、前記ロッドレンズの2箇所が、前記半導体レーザの両側に位置する前記ブロック体の2つの凸部の端面のそれぞれの一部に固着され、かつ前記2つの凸部の端面が同一平面上にあることを特徴とする半導体レーザユニットである。

【0016】本発明において、前記ブロック体の半導体レーザを載置する面と、前記ブロック体の2つの前記凸部とが、一体のヒートシンクで形成されていることが望ましい。また、本発明においては、前記ロッドレンズ³⁰固定部と、前記ロッドレンズとの間が、金属ハンダによって固定されていることが望ましい。

【0017】また、本発明においては、前記ロッドレンズが屈折率分布構造を有することが望ましい。また、本発明においては、前記半導体レーザとして横モードがマルチモードの半導体レーザを用いることが出来る。ここでマルチモードとは、半導体レーザからの出射光がTEM₀₀のみならずTEM₁₀またはそれより高次モードの光を含むことをいう。このように横モードがマルチモードとなる半導体レーザとしては、いわゆるブロード⁴⁰エリア型の半導体レーザや、半導体レーザアレイ等がある。また、本発明は、半導体レーザと前記半導体レーザに近接して配置されたロッドレンズとを有する半導体レーザユニットと、光ファイバーとを有し、前記半導体レーザユニットからのレーザ光を、前記光ファイバーを通じて出力する半導体レーザモジュールにおいて、前記半導体レーザユニットが、前記の特徴を備えたものであることを特徴とする半導体レーザモジュールでもある。

【0018】また本発明は、半導体レーザと前記半導体レーザに近接して配置されたロッドレンズとを有する半⁵⁰

導体レーザユニットを用いて、固体レーザ媒質を励起する固体レーザ装置であって、半導体レーザユニットが前記の特徴を備えた半導体レーザ励起固体レーザ装置でもある。

【0019】

【作用】発明者らは、従来の半導体レーザユニットの問題を引き起こすロッドレンズの位置の変化の発生原因を鋭意検討した結果、次のようなことが原因であることを見出した。前述のように図4の従来の半導体レーザユニットにおいて、ロッドレンズを固定する一方である絶縁板の前端面23aは、ヒートシンクの前端面22aよりも後ろに少しずらしている。したがってロッドレンズを固着する接着剤の厚さはヒートシンク側の接着部29においては例えば10μm程度と薄くできても、絶縁板側の接着部28では例えば300μm程度と厚くなる。接着剤の厚さが異なると、外気温の変動や湿度変化などによって接着剤が膨張や収縮の程度が異なる。その程度は接着剤が厚いほど大きくなる。ロッドレンズの両端で接着剤の厚さが異なるために接着剤の膨張や収縮の程度が異なるので、結果としてロッドレンズと半導体レーザの出射面21aとの位置関係が変化してくる。すなわちロッドレンズが半導体レーザの出射面に対して距離が変わるだけでなく、傾いてくる。

【0020】一方、本発明に係る半導体レーザユニットの概略構成を図1に示す。半導体レーザユニット1は、半導体レーザ2、ブロック体3、およびロッドレンズ5からなっている。半導体レーザの2の出射面2aには発光部8があり、ここから半導体レーザ光が出射される。ロッドレンズ5は半導体レーザの発光部8に近接して設けられ、その両端部はブロック体3に固定されている。その固定法は、ブロック体3の半導体レーザ2を挟む位置に設けられた2つの凸部6と7の前端面6aと7aの一部に、ロッドレンズ5が接着剤によって、接着部10と接着部11において接着されたものである。この2つの凸部の前端面6aと前端部7aは、同一平面上にある。ロッドレンズ5とブロック体3を接着する接着剤等は、外気温の変動や湿度変化等によって膨張や収縮する事は避けられない。しかし、接着剤等の層の厚みが10μm程度と極めて薄くできれば、かかる膨張や収縮は小さくなる。またロッドレンズの両端の接着剤の厚さを等しくすれば、膨張や収縮の程度は同じになる。このようになれば温度や湿度の変動等によるロッドレンズ5の位置の変化は極めて小さく、かつ左右で同程度となる。また、接着剤等は振動衝撃等によって変形する場合があるが、接着剤等の層の厚みが10μm程度と極めて薄ければ、変形によるロッドレンズ5の位置の変化は極めて小さなものとなる。

【0021】ロッドレンズを接着固定する2つの面を同一平面上に設けることによって、接着剤の厚みを2つの接着部10と11で等しい厚さにすることができ、かつ

7

10 μm 以下と極めて薄いものとすることができるので、膨張変形等によるロッドレンズの位置の変化を極めて小さなものとするのが可能となる。この結果、コリメートしたレーザビーム形が左右非対称になったり、レーザ光があるべき光軸からずれていくことが防止できる。また戻り光の変化が抑制され、半導体レーザの発振波長の安定性は向上する。ここで、ブロック体の半導体レーザの戴置面と、2つの凸部がヒートシンクで一体的に形成されていれば、半導体レーザとロッドレンズ固定部との間の機械的安定性は優れたものとなる。また2つの凸面の前端面が同一面にするだけでなく、半導体レーザの出射側端面もこの2つの凸面と同一平面にすることが容易となる。この結果、半導体レーザ出射側端面とロッドレンズ固着部とを安定的に略同一平面上に保持することが出来る。これにより、半導体レーザの発振波長の安定化をより確実に実現することができる。また部品点数も減少し、容易かつ安価に、本発明に係る半導体レーザユニットを作製することができる。

【0022】ここで、半導体レーザの横モードがマルチモードである場合、発振波長が戻り光の影響で変動する²⁰ならば、横モードも戻り光の影響を受け大きく変動する。したがって、半導体レーザの横モードがマルチモードである場合においては、本発明により戻り光の変化を抑制することは、特に有益である。ロッドレンズの位置の変化を抑制するには、ロッドレンズとロッドレンズ固定部との結合に用いる部材が、弾性率が高く、かつ、熱膨張率が低いものであることが望ましい。金属ハンダは一般に、有機物からなる接着剤と比較して、弾性率が高く、かつ熱膨張率が小さい。したがって温度変化、外部からの衝撃によるロッドレンズの位置変化を、有機系接着剤を使用した場合と比較して大きく低減できる。この結果、戻り光の変化が抑制され、半導体レーザの発振波長の安定性は向上する。また金属ハンダを用いてロッドレンズの位置変化を抑制することは、レーザ光のあるべき光軸からのずれも防止できるので、半導体ユニットと光ファイバーを組み合わせた半導体レーザモジュールにおいて、特に効果が大きい。

【0023】一様な屈折率を持つロッドレンズは球面収差を持つため、これを用いて半導体レーザからのレーザ光を適切にコリメートすることは困難である。ここでロッドレンズとして、適切な屈折率分布構造を有するものを用いれば、球面収差が除去され、半導体レーザからのレーザ光をビーム品質を損なうことなくコリメートすることができる。これによりビーム品質の優れた半導体レーザユニットを実現することができる。

【0024】半導体レーザユニットの横モードの安定性は、半導体レーザユニットの出力光を光ファイバーを通じて出射する半導体レーザモジュールにおいて、特に重要である。半導体レーザユニットの横モードが不安定であると、光ファイバーへのカップリング効率が不安定と⁵⁰

8

なり、出力光の不安定性やI-L特性におけるキンクが生ずるからである。本発明によれば、横モード安定性の優れた半導体レーザユニットを光源として用いるので、光ファイバーへのカップリング効率が安定し、出力光の不安定性やI-L特性におけるキンク等の問題を生じない、半導体レーザモジュールが実現できる。

【0025】半導体レーザユニットの波長安定性は、固体レーザ装置において半導体レーザを出射したレーザ光により固体レーザ媒質を励起する場合に特に重要である。固体レーザ媒質の光吸収波長の半値幅は1~3 nm程度であるので、半導体レーザユニットの発振波長がnm単位で変動すれば、励起光率が大幅に変動し、固体レーザ装置からの出力光の出力も大きく変動するからである。本発明によれば、発振波長の安定性に優れた半導体レーザユニットを励起光源とするので、励起効率が安定し出力安定性に優れた半導体レーザ励起固体レーザ装置が実現できる。

【0026】

【発明の実施の形態】 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

(第1実施形態) 図1は、本発明の第1実施形態である半導体レーザユニットの概略構成図である。半導体レーザユニット1は、半導体レーザ2、ブロック体3、絶縁板4およびロッドレンズ5からなっている。

【0027】半導体レーザ2はAlGaAs系ブロードエリア型横マルチモードの半導体レーザである。同半導体レーザは、ストライプ幅100 μm の発光部8から波長809 nmで出力2 Wのレーザ光を出射する。縦方向の放射角は全角で35°、横方向の放射角は全角で7°である。ブロック体3は銅からできている一体物であり、ヒートシンクとなっている。ここでは厚さ2.5 mm、最大高さ8.0 mm、幅6.4 mmの大きさとした。そして半導体レーザを戴置する面を挟んで両側に凸部6、7が設けられており、その一方の凸部7の上部には、アルミナセラミクスからなる絶縁板4を介して、外部との通電部9が取り付けられている。また半導体レーザはジャンクションダウンでヒートシンクとなるブロック体に戴置されている。通電部9と半導体レーザの基板側電極との間はリード線12で導通が図られており、半導体レーザのエピタキシャル面側の電極(図示せず)はブロック体をととして、外部と導通が図られている。リード線12は、半導体レーザに供給する電流値により、図のような複数のリード線を並列接続することでもできる。ここで絶縁板4の厚さは2 mmと従来技術で用いられた絶縁板よりも薄い、取り扱いに注意すれば破損させることなく扱うことができた。また通電部9と半導体レーザ2の基板面の高さは互いに異なっているが、半導体レーザを高速駆動させる限られた用途以外では問題とされない。

【0028】ロッドレンズ5は、Doric Lens Inc製Grad

9

ient index cylindrical microlensで、直径 $60\mu\text{m}$ 、焦点距離 $41\mu\text{m}$ で、作動距離は $10\mu\text{m}$ である。ロッドレンズ5は、球面収差を補正するための屈折率分布構造を有している。ロッドレンズ5は、有機系接着剤（サマーズ・ラボラトリーズ社製、製品名レンズボンドP-92）によりヒートシンクであるブロック体3に固定されている。ロッドレンズを接着固定するブロック体の2つの凸部6、7のそれぞれの前端面6a、7aは同一平面上に有る。

【0029】ロッドレンズ5の作動距離が $10\mu\text{m}$ なの¹⁰で、半導体レーザー光を縦方向にコリメートするため、ロッドレンズ5と半導体レーザー出射側端面2aとの間は $10\mu\text{m}$ に保持される。コリメート後のレーザー光の縦方向の放射角は 1.5° であり、出力は 1.9W である。上述のように、ロッドレンズを接着固定するヒートシンクの2つの凸部のそれぞれの前端面6a、7aは同一平面上に有るので、ロッドレンズ5と前記2つの端面との距離、すなわち接着剤の厚さも $10\mu\text{m}$ とした。

【0030】ロッドレンズを接着固定する接着剤等は有機物であるため、外気温の変動、湿度変化等によって膨²⁰張・収縮する。しかし、接着剤等の層の厚みが $10\mu\text{m}$ であるため、膨張や収縮によるロッドレンズ5の位置の変化は極めて小さなものとなる。また、衝撃等が加わった場合の、接着剤の変形によるロッドレンズ5の位置の変化も極めて小さなものとなる。この結果、半導体レーザー2への戻り光にはほとんど変化が生じず、発振波長の安定性に優れた半導体レーザーユニットを実現することができる。

【0031】（第2実施形態）本発明の第2の実施形態は、ロッドレンズ5とヒートシンクとが、接着剤として³⁰金属ハンダで接着固定されていることのみ、第1実施形態に示した半導体レーザーユニットと異なっている。

【0032】金属ハンダは、千住金属社製の低温ハンダ#95を用いた。金属ハンダは、有機物である接着剤と比較して、熱膨張率は一桁低く、弾性率は一桁高い。この結果、ロッドレンズ5と半導体レーザー2との相対位置の変化は、極めて小さなものになる。従って金属はんだを用いることによって、さらに発振波長の安定性に優れた、半導体レーザーユニットを実現することができる。

【0033】（第3実施形態）図2に本発明の第3実施⁴⁰形態である半導体レーザーモジュールの概略構成図を示す。半導体レーザーモジュールは、レーザー光を放射する光源である半導体レーザーユニット1と光ファイバー13が光軸上に並ぶよう、固定部材20により光ファイバー13を固定する第2ブロック体14を更に加えて構成されている。

【0034】本実施形態においては、半導体レーザーユニット1は、第1実施形態と同じ物であり、ヒートシンクからなるブロック体3に半導体レーザー2とロッドレンズ5が取り付けられている。その出力は 1.9W 、発振波⁵⁰

10

長は 809nm である。光ファイバー13は、ステップインデックス型のシリカファイバーであり、コアの直径は $100\mu\text{m}$ 、N.A.は0.12である。

【0035】半導体レーザーユニット1から放射されたレーザー光は光ファイバー13に入射する。光ファイバー13中を伝播したレーザー光は、光ファイバーの出射側端面（図示せず）から出力光として放出される。横モード安定性に優れた半導体レーザーユニット1を光源として用いるので、カップリング効率の変動を小さなものとするのが可能である。この結果、出力光の出力は時間的に安定したものとなり、また、I-L特性にキックは認められなかった。すなわち本発明によれば、カップリング効率の安定性に優れた半導体レーザーモジュールを実現できる。なおロッドレンズ5と光ファイバー13との間に集光レンズ（図示せず）を設けてもよい。その場合集光レンズは直径 2.5mm の非球面ガラスレンズであり、焦点距離 0.7mm を用いることができる。集光レンズの両面および光ファイバーの両端面には波長 809nm の光に対するARコーティングが施されている。この場合、光ファイバー13は、コア径 $50\mu\text{m}$ でNAが0.2のものを用いることができる。また第2ブロック体14とブロック体3とは一体ものでもよいし、接着剤で互いに接合したものや、ネジで互いに接合したものであってもよい。

【0036】また本発明の半導体レーザーモジュールにおいて、半導体レーザーを発振波長が 980nm の半導体レーザーとして、この半導体レーザーモジュールをEDFAの励起光源として用いれば、光通信で伝播される信号を低ノイズで増幅することができる。

（第4実施形態）図3に本発明の第4の実施形態である、半導体レーザー励起固体レーザー装置の概略構成図を示す。この固体レーザー装置は、励起光を放射する光源である半導体レーザーユニット1、励起光を集束する集光レンズ19および光共振器15が、光軸18上に配置されて構成されている。ここで光共振器15は、レーザー媒質であるNd:Y₃Al₅O₁₂（以下Nd:YAGと略称する）16、および凹面ミラー17からなっている。これら集光レンズと光共振器は第3のブロック体（図示せず）に固定されている。

【0037】本実施形態においては、半導体レーザーユニット1は、第1実施形態に記載の物であり、その出力は 1.9W 、発振波長は 809nm である。集光レンズ19は、松下電器部品株式会社製EOLGL45M025型非球面ガラスレンズを用い、その焦点距離は 3mm 、N.A.は0.55である。Nd:YAG16はNd³⁺イオンが1.4at%添加されたものであり、その結晶長は 1mm である。また、凹面ミラー17はBK7製であり、一方の界面17aの曲率半径は 15mm であり、他方の界面17bは平面とした。Nd:YAG16の一方の界面16bと凹面ミラー17の一方の界面17aと

11

の距離は、光軸18上において7.5mmとした。

【0038】Nd:YAG16の界面16aには励起光の波長809nmにおいて透過率が90%以上で、かつ、Nd:YAGの発振波長である946nmにおいて反射率が99.9%以上のコーティングが施される。また、Nd:YAG16の界面16bには946nmにおいて反射率が0.1%以下のコーティングが施される。一方、凹面ミラー17の界面17aには946nmにおいて反射率が99%のコーティングが施され、これら2つの界面16aおよび17aによって波長946nmに¹⁰おける光共振器15が形成される。

【0039】半導体レーザユニット1から放射された励起光が集光レンズ19によって集束されて、Nd:YAGに入射すると、Nd:YAG中に反転分布が形成されて光増幅が可能になる。この結果、光共振器15において波長946nmのレーザ発振がおこり、出力光として凹面ミラー17を通過して出力される。Nd:YAG45の波長809nmにおける吸収波長の半値幅は1nm以下と極めて狭い。しかし、波長安定性に優れた半導体レーザユニットを励起光源として用いるので、励起効率²⁰の変動を小さなものとすることが可能である。この結果、出力光の出力も安定したものとなる。

【0040】すなわち本発明によれば、出力安定性に優れた半導体レーザ励起固体レーザ装置を実現できる。

【0041】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、ロッドレンズの位置の変化を低減することにより、レーザビームの形状が変化して非対称化することを防ぎ、またロッドレンズからの戻り光の変化を抑制することができるので、発振波長の安定性、および横モードの安定性³⁰

12

*に優れた半導体レーザユニットを得ることが可能となる。また、本発明によれば、かかる半導体レーザユニットを用いることにより、カップリング効率の安定性に優れた半導体レーザモジュールを得ることが可能となる。更に、本発明によれば、かかる半導体レーザユニットを用いることにより、出力安定性に優れた半導体レーザ励起固体レーザ装置を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態、および第2実施形態である半導体レーザユニットの概略斜視図である。

【図2】本発明の第3実施形態である半導体レーザモジュールの光軸を含む面での概略透視図である。

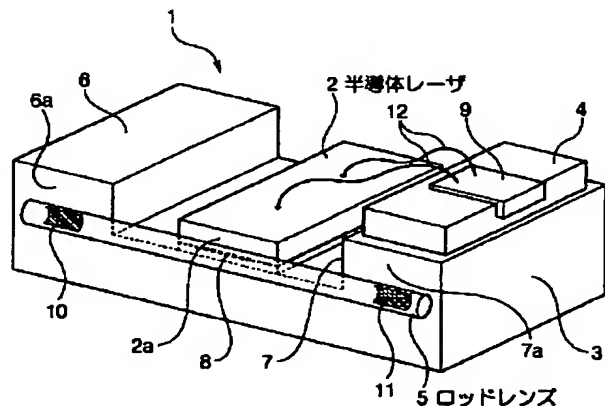
【図3】本発明の第4実施形態である半導体レーザ励起固体レーザ装置の光軸を含む面での概略透視図である。

【図4】従来例である半導体レーザユニットの概略斜視図である。

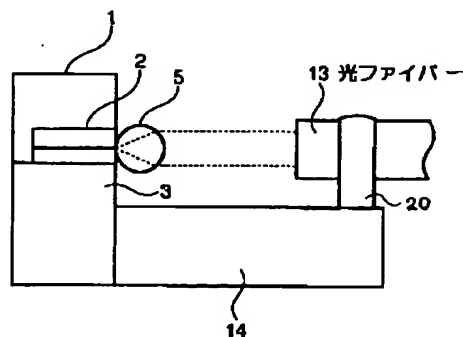
【符号の説明】

- 1 ……半導体レーザユニット
- 2、21 ……半導体レーザ
- 3 ……ブロック体
- 4、23 ……絶縁体
- 5、25 ……ロッドレンズ
- 6、7 ……凸部
- 8、26 ……発光部
- 10、11、28、29 ……接着部
- 13 ……光ファイバー
- 15 ……光共振器
- 16 ……Nd:YAG
- 17 ……凹面ミラー

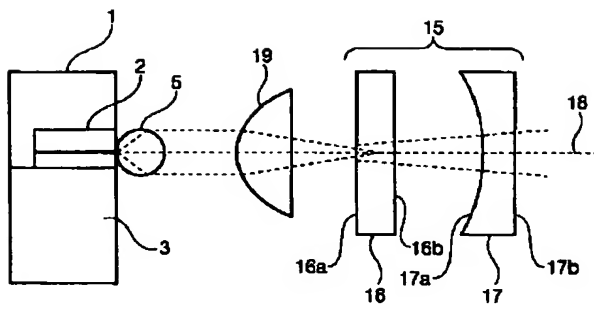
【図1】



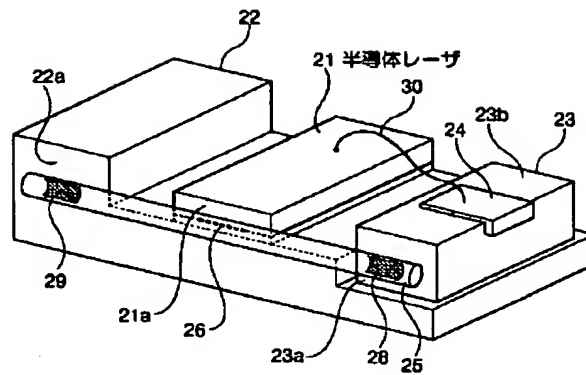
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H037 AA02 AA03 AA04 BA03 CA17
 DA05 DA06 DA17
 5F072 AB02 AB13 PP07 YY01 YY06
 YY12 YY13 YY20